

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-033692

(43)Date of publication of application : 09.02.1999

(51)Int.Cl.

B22D 17/00

B22D 17/30

C22C 1/02

(21)Application number : 09-198698

(71)Applicant : AHRESTY CORP

(22)Date of filing : 24.07.1997

(72)Inventor : AOYAMA SHUNZO

RIYUU CHI

HAN YA

(54) MANUFACTURE OF METALLIC SLURRY FOR SEMI-SOLIDIFIED CASTING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simplify the manufacture of the fine and uniform non-dendritic grain slurry by applying motion to the molten metal in the temperature range where the temperature of a least a part of the molten metal in the cooling process is the liquidus temperature or under.

SOLUTION: Aluminum alloy for casting JIS AC4C of about 610°C in liquidus temperature is melted, and poured into an iron cylindrical slurry manufacturing container of 63 mm in diameter and 100 mm in height at the temperature of 660°C. When the temperature of the molten aluminum alloy in the container reaches 620-610°C, an ultrasonic oscillator is brought into contact with the side surface of the container for approximately 10 seconds, and after the motion is applied to the molten metal inside, the molten metal is cooled at the cooling speed of 3°C/second, preferably 0.4°C/sec. to form the granular slurry where no dendritic structure is present. The metal for casting includes aluminum metal, magnesium alloy, zinc alloy, copper/copper alloy, and iron alloy. The motion may be applied not only by the ultrasonic oscillation, but also by the high frequency induction stirring, the mechanical stirring, etc.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-33692

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月9日

(51) Int.Cl.⁰

識別記号

F I

B 2 2 D 17/00

B 2 2 D 17/00

Z

17/30

17/30

Z

C 2 2 C 1/02

5 0 1

C 2 2 C 1/02

5 0 1 B

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-198698

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月24日

(71) 出願人 000005256

株式会社アーレスティ

東京都板橋区坂下2丁目3番9号

(72) 発明者 青山 俊三

埼玉県和光市白子3-16-60 東和ロイヤルハイツ403

(72) 発明者 劉 馳

東京都板橋区蓮根3-5-21 はすねハイツ201

(72) 発明者 潘 治

東京都板橋区高島平1-55-10 高島平サンパワー603

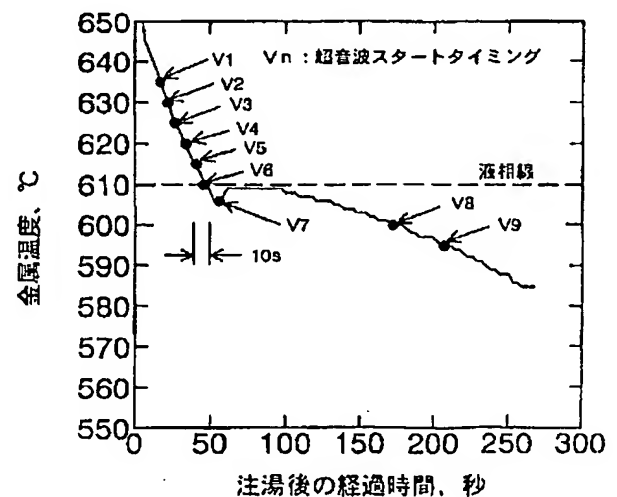
(74) 代理人 弁理士 早川 政名 (外2名)

(54) 【発明の名称】 半凝固铸造用金属スラリーの作製方法

(57) 【要約】

【目的】 格別に複雑な工程を必要とせず簡単な装置・設備でもって、微細で且つほぼ均一な非樹枝状(球状)の結晶粒子を有する金属スラリーを容易に作製することが可能な铸造用金属スラリーの製造方法を提供すること。

【構成】 溶融金属に、所定の温度範囲において運動を加え、その後に該溶融金属を冷却することにより半凝固させるようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 溶融金属に、所定の温度範囲において運動を加え、その後に該溶融金属を冷却することにより半凝固させる事の特徴とする半凝固鑄造用金属スラリーの作製方法。

【請求項 2】 前記溶融金属に運動を加えるタイミングが、当該溶融金属が冷却されている過程であって当該溶融金属の少なくとも一部が液相線温度以下になる時である事の特徴とする請求項 1 記載の半凝固鑄造用金属スラリーの作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】 本発明は、ダイカスト機を用いた鑄造のうち、金属の半溶融加工法の 1 つであるレオキャストやチクソキャストなどの半凝固鑄造に用いられる金属スラリーの作製方法に関するものである。

【0002】 因みに、レオキャスト法では、溶融金属を固液共存域まで冷却して半凝固状態となした金属スラリーをダイカスト機の加圧スリーブに装填して鑄造し、チクソキャスト法では、ビレットと称される固体の金属塊を固液共存域まで再加熱して半溶融状態となした金属スラリーをダイカスト機の加圧スリーブに装填して鑄造するものである。

【0003】

【従来の技術】 この種の金属スラリーは、初晶が液状マトリックスにより互いに分離した状態に維持し、その結晶粒子ができるだけ微細で且つ均一な非樹枝状、好ましくは球状であることが望ましい。そうすれば、高固相率で低粘度の半凝固金属となった状態で鑄造することが可能となり、鑄造された製品の収縮巣の発生を抑制し得ると共に鑄造製品の機械的強度を向上させることができる。

【0004】 そこで、本願人は先に、特開平 8-187547 号公報に開示されたとき鑄造用金属スラリーの製造方法を提案した。この方法によれば、比較的容易に微細で且つほぼ均一な非樹枝状（球状）の結晶粒子を得ることができるが、溶融金属を流下させるための冷却体上に溶融金属の一部が凝固して残り易く、その為ダイカスト機に装填する際の金属スラリーの供給量に変化してしまう問題を生じる。また、冷却体の温度が変化すると、作製された金属スラリーの温度がばらつき鑄造製品の性状・品質が一定しないという問題も生じる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来技術の他にも、初晶が互いに独立粒状化した金属スラリーを作製する技術がいくつか提案されているが、いずれも金属スラリーの作製条件を経験的に求めているだけであった。その為、実際に金属スラリーを作製する段になると、装置自体が複雑で大規模なものになったり、溶融金属の温度管理が非常に難しくなったり、また作製した金属ス

ラリーが作製過程で汚染されたり等、克服すべき多くの課題をかかえていた。この様な現状にあって、本願発明者等はいくつかの基礎的な実験により、初晶が粒状化する機構を見出し、その結果今まで経験的に求めていた金属スラリーの作製条件を理論的に求めることが可能となり、ここに本発明の意義がある。

【0006】 本発明の目的は、格別に複雑な工程を必要とせず簡単な装置・設備でもって、微細で且つほぼ均一な非樹枝状（球状）の結晶粒子を有する金属スラリーを容易に作製することが可能な半凝固鑄造用金属スラリーの作製方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 斯る目的を達成する本発明の半凝固鑄造用金属スラリーの作製方法は、溶融金属に、所定の温度範囲において運動を加え、その後に該溶融金属を冷却することにより半凝固させる事の特徴としたものである。この時、前記溶融金属に運動を加えるタイミングを、当該溶融金属が冷却されている過程であって当該溶融金属の少なくとも一部が液相線温度以下になる時とすることが好ましい。ここで、本明細書において液相線温度以下になる時とは、最初に液相線温度を通過する時を言うものとする。

【0008】 溶融金属は、冷却される過程において、液相線温度より下がった後に少し上昇し再び下降する過冷現象と称する挙動を示す。この現象は、溶融金属の一部に急激な凝固核が生成される際に放出される潜熱により冷却速度が低下し温度が上昇するために起こる。しかし乍ら、本願発明者等は、溶融金属に液相線温度付近で適当な運動を加えると、過冷することなく初晶の晶出が促進され、過冷現象（液相線以下の温度になること）がなくなるを見出した。そして更に、この状態（過冷現象がない状態）から溶融金属を徐々に冷却すると、その金属組織はデンドライト状の成長をせずに粒状の結晶形態となることを見出した。これは、溶融金属に液相線温度付近で適当な運動を加えることにより、最初に晶出した各初晶核に形成されると考えられるデンドライト状の結晶形態が断ち切られてそれぞれ独立し、初晶核同士の相互作用がなくなる故と考えられ、従来技術では明らかになっていなかった点である。

【0009】

【発明の実施の形態】 以下、本発明に係る半凝固鑄造用金属スラリーの作製方法について、詳細に説明する。本発明を適用し得る溶融金属（鑄造用金属）としては、アルミニウムやその合金、またはマグネシウム合金、亜鉛合金、銅またはその合金、鉄系の合金、等の金属を挙げることができる。

【0010】 これらの溶融金属に、当該溶融金属に応じた所定の温度範囲において運動を加え、その後に当該溶融金属を所定の速度でもって冷却することにより半凝固状態の金属スラリーとなすものである。

【0011】溶融金属に運動を加える際の温度範囲、すなわち溶融金属に運動を加える際の温度タイミングとしては、当該溶融金属が冷却されている過程であって当該溶融金属の少なくとも一部が液相線温度以下になる時が好ましい。即ち、溶融金属を容器（例えばスラリー作製容器）に収納した場合、その容器を外部から加熱保温しない限り時間の経過とともに容器の中心部と周縁部とは温度差が生じるので、スラリー作製容器を外部から加熱保温しない状態において、スラリー作製容器の上部や内底部又は周縁部等いずれかの部分における溶融金属の温度が液相線温度ないしはそれ以下になる時に、溶融金属に適当な運動を加えるようにするものである。

【0012】この際、スラリー作製容器に收容された溶融金属の中でその温度が液相線温度以下になる割合が多いほど好ましい。言い換えれば、スラリー作製容器に收容された溶融金属が液相線温度以下にあつて温度分布ができるだけ均一である時に、その溶融金属に運動を加えることが望ましい。そして、スラリー作製容器に收容された溶融金属が放熱により冷却される場合には、冷却速度を遅くして溶融金属の温度分布をできるだけ均一にすることが望ましい。

【0013】溶融金属に運動を加える方法としては、機械的或いは物理的なあらゆる手段が可能である。具体的には、①保持炉又は養生炉（保持炉から採取した溶融金属を所定の温度に保持するための温度調整炉）から汲み取った溶融金属をスラリー作製容器中に注ぐことにより溶融金属に運動を加える方法、②スラリー作製容器に適量（例えば、1 鋳造（1 ショット）に必要な量）の溶融金属を收容せしめ、そのスラリー作製容器を機械的に振動させることにより溶融金属に運動を加える方法、③スラリー作製容器に收容された溶融金属に直接或いはスラリー作製容器の外から超音波振動を与えることにより溶融金属に運動を加える方法、④スラリー作製容器に收容された溶融金属に高周波誘導攪拌装置を用いて攪拌を与えることにより運動を加える方法、⑤スラリー作製容器に收容された溶融金属を攪拌棒や攪拌翼等で機械的に攪拌することにより溶融金属に運動を加える方法、⑥スラリー作製容器に收容された溶融金属を電磁攪拌することにより溶融金属に運動を加える方法、⑦スラリー作製容器に收容された溶融金属内に不活性ガス等を吹き込むことにより溶融金属に運動を加える方法、或いは⑧スラリー作製容器に收容した溶融金属をその内で爆発させることにより溶融金属に運動を加える方法、等が考えられる。

【0014】尚、実際に溶融金属に運動を加える場合には、上に挙げた方法をどれか1つ実施するだけでも良いが、2つ以上の方法を適当に組み合わせることで、半凝固金属スラリー作製装置の構成要素などに応じて上に挙げた方法を適宜選択し組み合わせることにより、溶融金属に効果的に運動を加えることができるものである。

る。

【0015】かくして、溶融金属に所定のタイミング（温度範囲）において運動を加えた後に、当該溶融金属を適当な冷却速度でもって冷却する。この時、冷却速度が速いと初晶がデントライトの組織になってしまうが、初晶の一つ一つは互いに独立しており、この金属スラリーを凝固後再加熱すると一つ一つの初晶が粒状化し流動性に優れたものになることを本発明者等は確認している。従って、固体の金属塊（ビレット）を固液共存域まで再加熱して半溶融状態となした金属スラリーをダイカスト機の加圧スリーブに装填して鋳造するチクソキャスト法を実施する場合には、冷却速度の管理は重要でなくなることが理解される。また、当該溶融金属の冷却速度が速いと、金属スラリー中の温度のバラツキが生じるので金属スラリーの固相率が場所によってバラツキを生じる。このような金属スラリーをそのまま用いて鋳造すると、流動性が異なるため充填中にその流れが乱れて空気を巻き込んだり、固相率のバラツキに伴う凝固速度の違いによる収縮欠陥が発生しやすくなるので、溶融金属を固液共存域まで冷却して半凝固状態となした金属スラリーをダイカスト機の加圧スリーブに装填して鋳造するレオキャスト法を実施する場合には、当該溶融金属の冷却速度を遅くすることが好ましい。具体的には、当該溶融金属を3℃/秒以下、好ましくは0.4℃/秒以下の冷却速度で冷却することが好ましい。

【0016】

【実施例】溶融金属として、鋳造用アルミニウム合金のJIS規格品である「AC4C」を使用した。因みに、「AC4C」の液相線温度は約610℃である。「AC4C」からなる溶融金属を、直径63mm・高さ100mmの円筒形状に形成した鉄製のスラリー作製容器に660℃で注入し、スラリー作製容器の中心部における溶融金属の温度がそれぞれ所定の温度（635℃～595℃）になったら、スラリー作製容器の外側面に超音波振動子を10秒間接触させて振動を与えることにより内部の溶融金属に運動を加えるようにした。図1は、スラリー作製容器を外部から加熱保温しない状態においてスラリー作製容器内に收容した溶融金属の中心部における経時温度変化を現したグラフ上に、超音波振動を加えるタイミング（V1～V9）を示したものである。

【0017】そして、超音波振動による運動を加えた溶融金属を自然冷却して、その温度が585℃になった時点で水中に投入して急冷し、温度測定部（中心部）の金属組織を観察した。この時にえられた金属組織の顕微鏡写真を図2に示す。また、スラリー作製容器内に收容した溶融金属の各部分（中心部と中央周縁部と上部及び底部）において、超音波振動を加える際の開始時並びに終了時の温度を表1に示す。また、参考までに、上記V5のタイミング（615℃）において超音波振動を20秒間加えた場合と、同じタイミングで超音波振動を5秒間

加えた場合と、超音波振動を加えなかった場合における、金属組織の顕微鏡写真をそれぞれ図3～図5に示す。

*

*【0018】
【表1】

中心部		周縁部		上部		底部	
開始時	終了時	開始時	終了時	開始時	終了時	開始時	終了時
620℃	615℃	628℃	614℃	624℃	616℃	620℃	608℃
625℃	614℃	625℃	613℃	624℃	615℃	618℃	607℃
620℃	611℃	618℃	610℃	620℃	612℃	612℃	606℃
615℃	605℃	614℃	604℃	616℃	605℃	608℃	604℃
609℃	608℃	609℃	608℃	611℃	608℃	606℃	607℃
605℃	600℃	606℃	610℃	606℃	607℃	606℃	607℃

【0019】図2に示した金属組織の顕微鏡写真において、白っぽく見える部分が初晶で、黒っぽく見える部分が共晶部分である。(以下の金属組織を示す顕微鏡写真における説明において同じ。)

これらの金属組織を観察すると、V1のタイミング(635℃=超音波振動を加える時の溶融金属の温度。以下同じ。)で超音波振動を加えた場合には完全なデンドライト組織になってしまい、V2のタイミング(630℃)では幾分デンドライトが乱れた形状になり、V3のタイミング(625℃)では部分的に粒状化が生じてデンドライトが全体に短くなっており、そしてV4～V6のタイミング(620℃～610℃)になると、デンドライト組織がなくなり全体的に粒状化している。しかし、V7のタイミング(605℃)になると粒状化の程度が低くなり、部分的にデンドライト組織が現れ、V8～V9のタイミング(600℃～595℃)になると全てがデンドライト組織になっている。

【0020】更に、これらの金属組織を観察すると、スラリー作製容器に収容された溶融金属の中心部における温度が約630℃(超音波振動開始時において629℃～終了時において615℃)になった時に超音波振動を加えた場合に、金属組織に変化が現れている。これは、上記の表1に示す通り、スラリー作製容器内の各部分(場所)で温度が異なり、溶融金属の中心部における温度が約630℃であっても例えば底部では約620℃(超音波振動開始時620℃～終了時608℃)と液相線温度(610℃)以下になっており、その影響が金属組織の変化に現れているものと考えられる。また、中心部における温度が620℃～610℃の時に超音波振動を加えた場合に全体的に良好な粒状化組織が得られているが、この場合いずれの場所(中心部、中央周縁部、上部及び底部)においても液相線温度以下になるタイミングである。一方、中心部における温度が605℃の時に超音波振動を加えた場合には、いずれの場所においてもすでに液相線温度以下になった後であり、粒状化の程度が悪くなっている。

【0021】また、図6に示した溶融金属に超音波振動を加えた時の経時温度変化を観察すると、V1のタイミング(635℃)で超音波振動を加えた場合には過冷却現象が見られるが、V2(630℃)～V6(610

℃)のタイミングで超音波振動を加えると過冷却現象が現れていないことが解る。尚、測定曲線に現れているノイズは、超音波による影響であると思われる。

【0022】次に、スラリー作製容器に収容された溶融金属を機械的に攪拌することにより溶融金属に運動を加えた場合の実施例を説明する。溶融金属(AC4C)を、直径63mm・高さ100mmの略円筒形状に形成した断熱性スラリー作製容器に650℃で注入し、(a)その溶融金属の温度が620℃～611℃にある間(39秒間)に溶融金属をセラミックス製の攪拌棒を用いて手で機械的に攪拌した場合と、(b)液相線温度(610℃)になった時点で同様にして10秒間攪拌した場合について、それぞれ機械的攪拌による運動を加えた溶融金属を自然冷却して、その溶融金属が585℃になった時点で水中に投入して急冷し、その金属組織を観察した。この時にえられた金属組織の顕微鏡写真を図7に示す。

【0023】これらの金属組織を観察すると、溶融金属の温度が620℃～611℃にある間に攪拌した場合には、初晶の形状が完全にデンドライト形状であるが、液相線温度(610℃)で攪拌した場合には、初晶の形状が完全に粒状化している。また、本実施例において、スラリー作製容器の中央部における溶融金属の経時温度変化を図8に示す。本実施例では、スラリー作製容器に断熱材を用いているので、スラリー作製容器内の溶融金属の冷却速度が先の実施例の場合よりかなり遅く、その結果、溶融金属内の温度分布がより均一になったものと推察される。事実、攪拌を止めた時点(液相線温度(610°)になってから10秒後)でも液相線温度(610°)のままであり、溶融金属全体の温度がほぼ一定であったと考えられ、上記(a)の条件では、スラリー作製容器中のいずれの位置でも液相線温度(610°)以下になっていなかったためにデンドライト組織になり、上記(b)の条件では、全体が液相線温度(610°)にあって初晶の形状が完全に粒状化したものと考えられる。この事からして、液相線温度で溶融金属を攪拌する、すなわち液相線温度で溶融金属に運動を加えることによって、初晶が粒状化することが明確に理解される。

【0024】これらの観察結果から、溶融金属に運動を加えるタイミングとしては、当該溶融金属が冷却されている過程であって当該溶融金属の少なくとも一部が液相

線温度からそれ以下（この実施例では620℃～610℃の範囲）になる時が好ましく、加える運動の程度も超音波振動であれば10秒間程度、機械的攪拌でも10秒間程度の運動を加えることにより、デンドライト組織がない全体的に粒状化した金属スラリーが得られることが明らかになった。

【0025】次に、保持炉から汲み取った熔融金属をスラリー作製容器中に注ぐことにより熔融金属に運動を加えた場合の実施例を説明する。スラリー作製容器として、断熱材で内径63mm・高さ100mmに形成した円筒の底部に200℃に保持した鉄製ブロックを設置したものをを用いた。そして、このスラリー作製容器に熔融金属（AC4C）を615℃～660℃の範囲で90mmの高さまで注入し、熔融金属を自然冷却し、その熔融金属が585℃（スラリー作製容器の底面から40mmの位置で測定した温度）になった時点で水中に投入して急冷し、その金属組織を観察した。この時にえられた金属組織の顕微鏡写真を図9に示す。この顕微鏡写真を観察すると、注湯時の温度が615℃～630℃まではデンドライト組織がない全体的に粒状化した金属スラリーが得られるが、640℃になるとデンドライト組織が現れ、660℃になると全てがデンドライト組織になっている。このことから、熔融金属をスラリー作製容器中に液相線温度に近い温度で注ぐことにより、熔融金属に運動が加えられてデンドライト組織がない全体的に粒状化した金属スラリーが得られることが明らかになった。

【0026】また、上記の熔融金属を620℃で前記と同様のスラリー作製容器に注入し、上記鉄製ブロック上面からの距離が異なる（ $d=2, 10, 20, 40, 70, 90$ mm）部位の温度をそれぞれスラリー作製容器の中央部において測定し、熔融金属を自然冷却して、その熔融金属が520℃になった時点で水中に投入して急冷し、各温度測定部位における金属組織を観察し、運動を加えた後の熔融金属の初晶析出時の冷却速度が初晶形態に及ぼす影響を調べた。この時にえられた金属組織の顕微鏡写真を図10に示す。

【0027】これらの金属組織を観察すると、初晶の形態が鉄製ブロック上面からの距離 d によって異なっている。すなわち、 $d<10$ mmの領域では細かなデンドライトとなり、 $d=10\sim30$ mmの領域ではデンドライトの一部に粒状の転移が起こり、 $30<d<80$ mmの領域では粒状組織となり、 $d=90$ mmでは粗いデンドライト組織になっている。この様に、初晶の形態が鉄製ブロック上面からの距離 d によって異なるのは、スラリー作製容器内部における熔融金属の冷却速度の違いに起因するものであることは明らかである。

【0028】図11に、本実施例における各部位の冷却曲線（冷却時間に対する熔融金属の温度変化）を示す。図11を見ると、鉄製ブロック上面からの距離 d が大きくなるにしたがって冷却速度が減少している。初晶の成

長は、液相温度から共晶析出開始温度の範囲で起きることがわかっている。そこで、液相温度（610°）から共晶析出開始温度（577℃）の範囲の平均冷却速度を計算し、鉄製ブロック上面からの距離 d に関してプロットしたグラフを図12に示す。このグラフは、初晶の形態によって4つの領域に区分することができる。即ち、（I）は細かなデンドライト組織になる冷却速度（ $T_s > 2.75$ ℃/秒）の領域であり、（II）はデンドライト組織と粒状組織の転移範囲となる冷却速度（ 2.75 ℃/秒 $>T_s > 0.4$ ℃/秒）の領域であり、（III）は粒状組織ができる冷却速度（ $T_s < 0.4$ ℃/秒）の領域であり、そして（IV）は粗大化したデンドライト組織になる冷却速度の領域である。

【0029】これらの観察結果から、熔融金属を、3℃/秒以下、好ましくは0.4℃/秒以下の冷却速度で冷却することにより、デンドライト組織がない全体的に粒状化した金属スラリーが得られることが明らかになった。尚、（I）並びに（II）の領域で生成したデンドライト形状の初晶は、再度半凝固温度範囲に加熱することによりデンドライト組織が粒状化して、（III）の領域で生成された金属組織と同じ大きさの粒状組織になる。

【0030】次に、熔融金属に加える運動を2つ組合せた場合の実施例を説明する。熔融金属（AC4C）を、(a) 先ず直径75mm・高さ85mmに形成したアルミニウム製のスラリー作製容器に620℃で注入することにより熔融金属に運動を加え、(b) 次いでその熔融金属を高周波誘導攪拌装置を用いて10秒間攪拌することにより運動を加えた。その後、この熔融金属が585℃になった時点で水中に投入して急冷し、それぞれ中心部及び表層部の金属組織を観察した。この時にえられた金属組織の顕微鏡写真を図13に示す。

【0031】これらの金属組織を観察すると、中心部の金属組織はいずれも初晶が粒状化しているが、表層部における金属組織は高周波誘導攪拌装置で攪拌しない場合にはデンドライト状となり高周波誘導攪拌装置で攪拌すると表面部分まで粒状化している。高周波誘導攪拌装置で攪拌しない場合にデンドライト状になるのは、熔融金属の注入時にスラリー作製容器が加熱され、初期注入時におけるスラリー作製容器内の熔融金属に比べて最終注入時における熔融金属の温度が徐々に高くなって、結果的に表層部の熔融金属は液相線温度より高い状態でもって運動（注入運動）が加えられたことになり、その部分がデンドライト化したものと考えられる。この事は、スラリー作製容器に注入した後さらに高周波誘導攪拌装置で攪拌して熔融金属に運動を加えることにより粒状化していることからしても明らかであり、液相線温度以下になる時に表層部の熔融金属に運動が加えられた結果粒状化したものであることは明らかである。

【0032】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明に係る製造用

金属スラリーの製造方法によれば、格別に複雑な工程を必要とせず簡単な装置・設備でもって、微細で且つほぼ均一な非樹枝状（球状）の結晶粒子を有する金属スラリーを容易に作製することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例に係るスラリー作製容器内に收容した熔融金属の経時温度変化を現したグラフ上に、超音波振動を加えるタイミング（V1～V9）を示したものである。

【図2】 図1の各タイミング（V1～V9）で超音波振動を加えた際に得られた金属組織の顕微鏡写真。

【図3】 図1に示したV5のタイミング（615℃）において、超音波振動を20秒間加えた場合の金属組織の顕微鏡写真。

【図4】 図1に示したV5のタイミング（615℃）において、超音波振動を5秒間加えた場合の金属組織の顕微鏡写真。

【図5】 超音波振動を加えなかった場合の金属組織の顕微鏡写真。

【図6】 熔融金属に超音波振動を加えた時の経時温

度変化を示すグラフ。

【図7】 熔融金属を機械的に攪拌することにより運動を加えた場合における金属組織の顕微鏡写真。

【図8】 スラリー作製容器内に收容した熔融金属の経時温度変化を示すグラフ。

【図9】 熔融金属をスラリー作製容器に注入する時の温度別金属組織の顕微鏡写真。

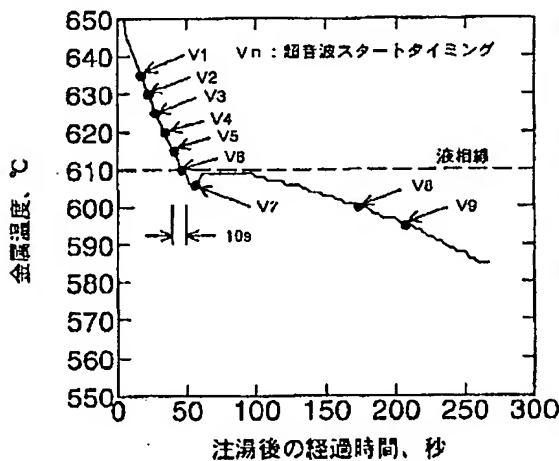
【図10】 スラリー作製容器内に收容した熔融金属の各部位における金属組織の顕微鏡写真。

【図11】 スラリー作製容器内の各部位における冷却時間に対する熔融金属の温度変化を示した冷却曲線。

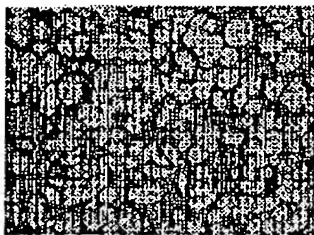
【図12】 液相温度（610°）から共晶析出開始温度（577℃）の範囲の平均冷却速度を計算し、鉄製ブロック上面からの距離dに関してプロットしたグラフ。

【図13】 (a)は熔融金属をスラリー作製容器に注入した時の金属組織の顕微鏡写真を示し、(b)は上記(a)をさらに高周波誘導攪拌装置で攪拌した時の金属組織の顕微鏡写真を示す。

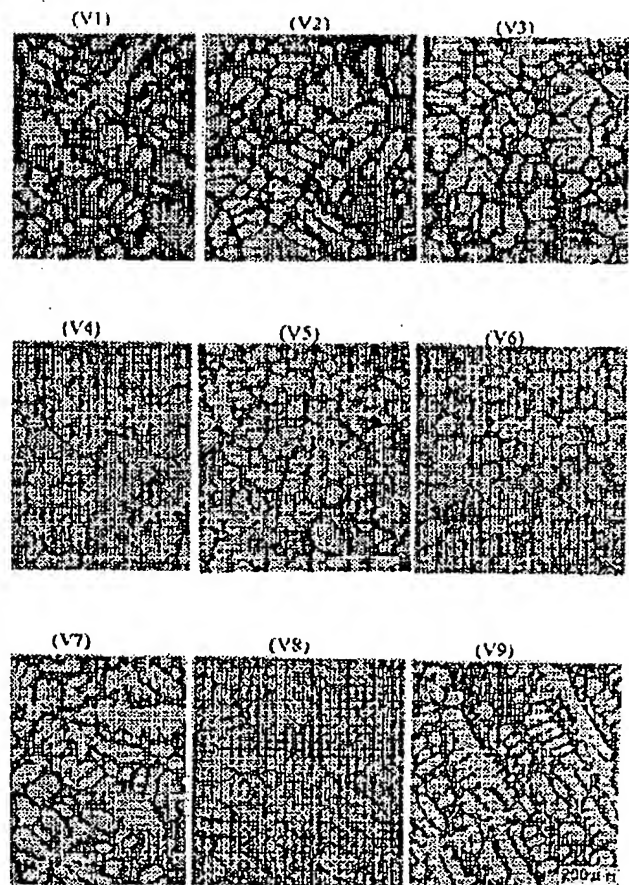
【図1】



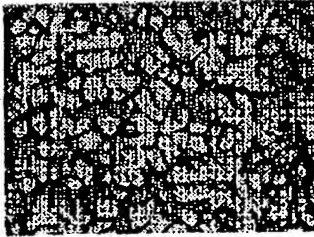
【図3】



【図2】



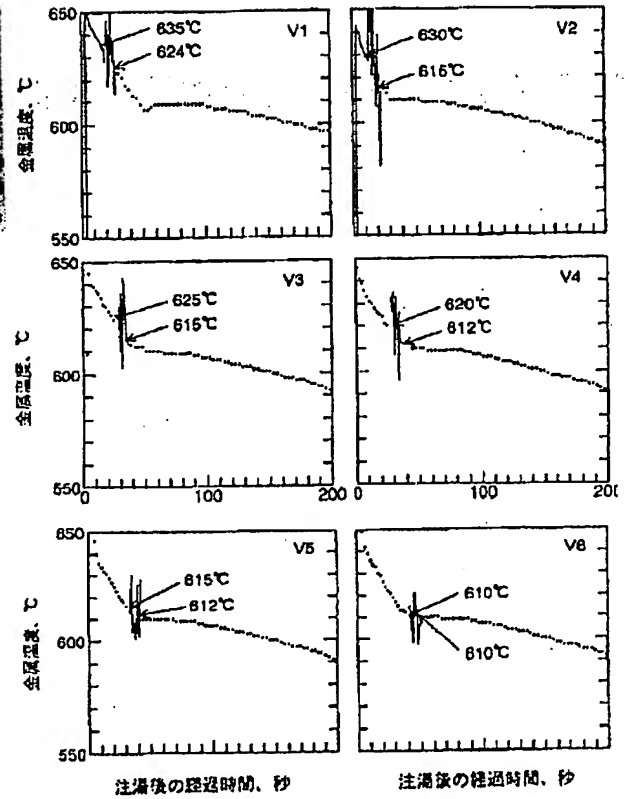
【図4】



【図5】

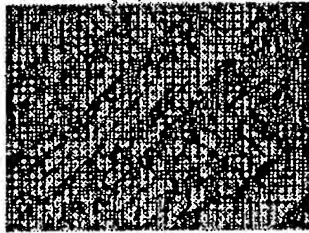


【図6】

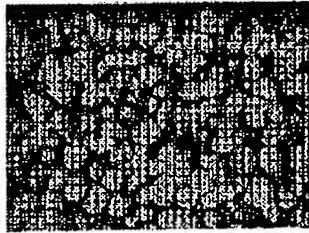


【図7】

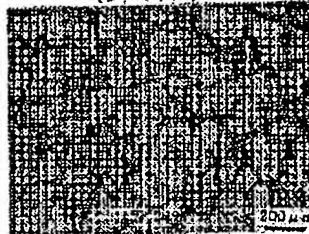
(a)



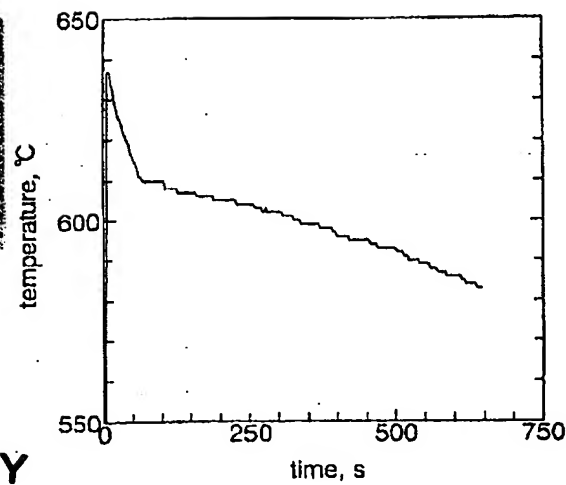
(b) (上部)



(b) (中部)

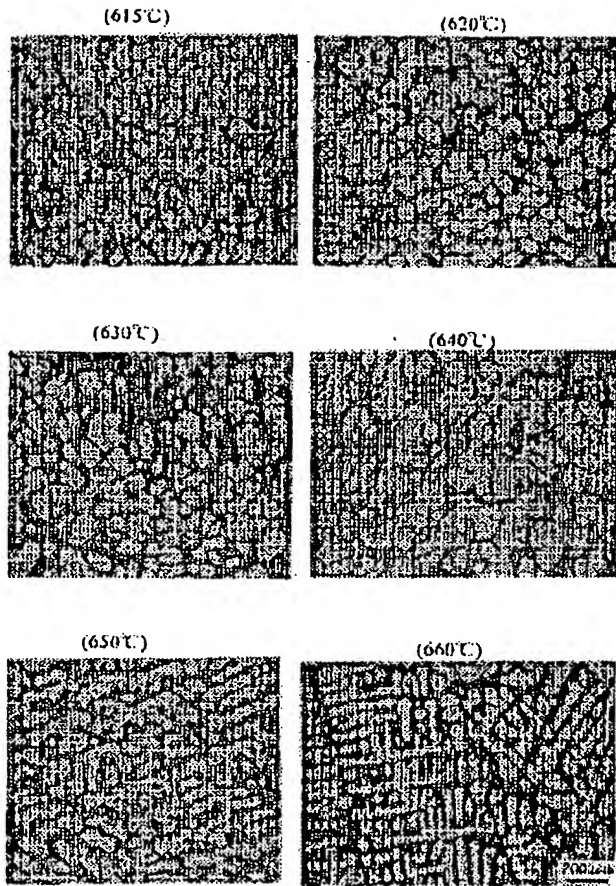


【図8】

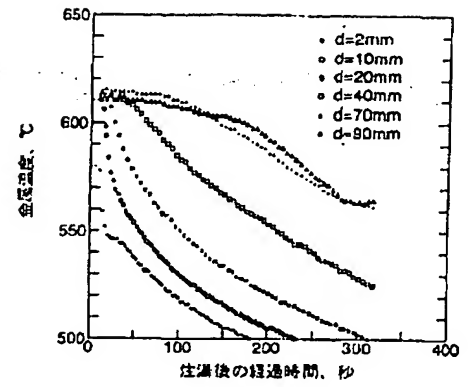


BEST AVAILABLE COPY

【図9】



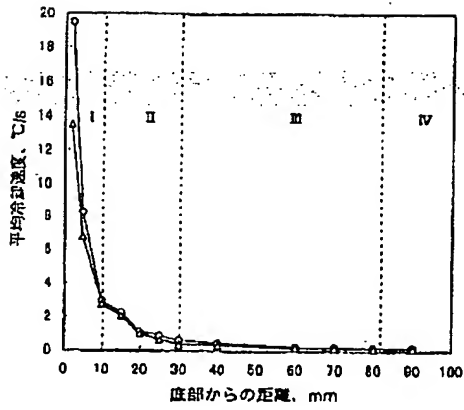
【図11】



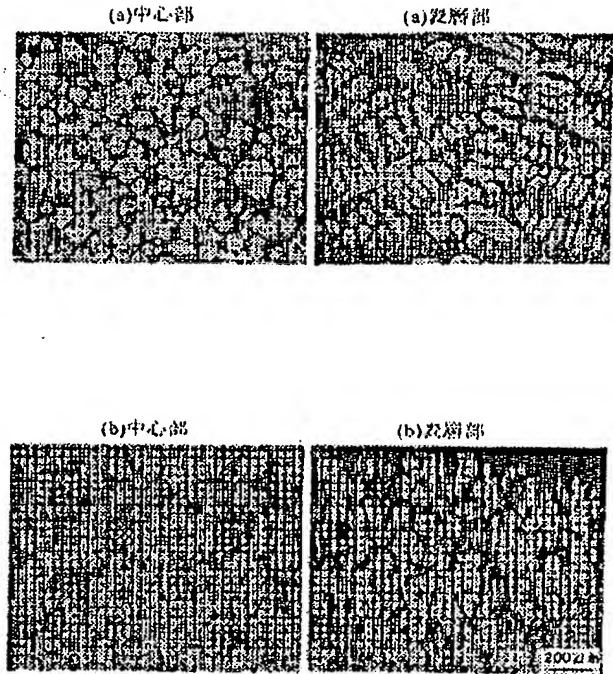
【図10】



【図 1 2】



【図 1 3】



BEST AVAILABLE COPY